

DIALOG(R)File 345:Inpadoc/Fam.& Legal Stat

(c) 2003 EP0. All rts. reserv.

17160569

- Basic Patent (No,Kind,Date): JP 2001181820 A2 20010703 <No. of Patents:
001>

- THIN FILM DEPOSITION SYSTEM, AND THIN FILM DEPOSITION SYSTEM (English)

Patent Assignee: SEMICONDUCTOR ENERGY LAB

Author (Inventor): AKIMOTO KENGO

IPC: *C23C-014/00; C23C-016/44

Derwent WPI Acc No: C 03-186769

Language of Document: Japanese

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applic No	Kind	Date
JP 2001181820	A2	20010703	JP 99372088	A	19991228 (BASIC)

Priority Data (No,Kind,Date):

JP 99372088 A 19991228

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2003 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

06954268 **Image available**

THIN FILM DEPOSITION SYSTEM, AND THIN FILM DEPOSITION SYSTEM

PUB. NO.: 2001-181820 [JP 2001181820 A]

PUBLISHED: July 03, 2001 (20010703)

INVENTOR(s): AKIMOTO KENGO

APPLICANT(s): SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD

APPL. NO.: 11-372088 [JP 99372088]

FILED: December 28, 1999 (19991228)

INTL CLASS: C23C-014/00; C23C-016/44

ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for adding a new means of increasing degree of vacuum to a film deposition chamber for sputtering, CVD and vapor deposition and to improve the throughput of the system.

SOLUTION: If a vacuum film deposition chamber has a structure where the inside of the chamber is provided with a filament e.g. made of Ti and a means of evaporating it and the filament material is evaporated and permitted to adhere to the inner wall, etc., of the chamber, the chamber itself can be provided with a function of increasing degree of vacuum. As to the means of evaporating the filament, a method of evaporation by electric heating is adopted because of its simplicity.

COPYRIGHT: (C) 2001, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-181820

(P 2 0 0 1 - 1 8 1 8 2 0 A)

(43) 公開日 平成13年7月3日(2001.7.3)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
C23C 14/00		C23C 14/00	B 4K029
16/44		16/44	J 4K030

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-372088

(22) 出願日 平成11年12月28日(1999.12.28)

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 秋元 健吾

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

導体エネルギー研究所内

Fターム(参考) 4K029 BA11 BA16 BA17 CA01 CA05

DB00 DC00 FA09

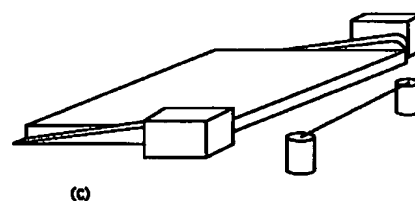
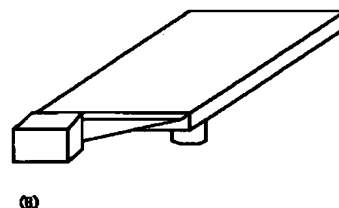
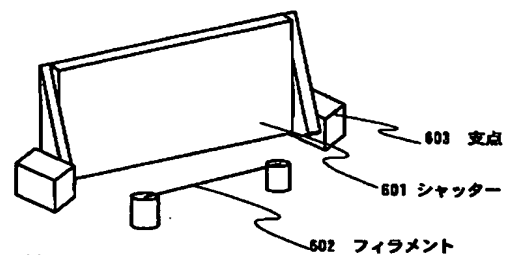
4K030 DA06 FA01 KA28

(54) 【発明の名称】 薄膜作製装置及び薄膜作製装置の使用方法

(57) 【要約】

【課題】 本願発明は、スパッタ成膜、CVD成膜、蒸着成膜チャンバーに新たな真空度を高める手段を追加する方法を提供し、装置のスループットを向上させることを課題とする。

【解決手段】 真空成膜チャンバー内に、例えばTi製のフィラメントを設け、蒸発が出来る手段を備え、フィラメント材が蒸発後、真空成膜チャンバーの内壁などに固着する構造にすれば、チャンバー自体が真空度を高める機能をもつことになる。フィラメントの蒸発手段に関しては、本願発明ではその手段が簡便なことから、通電加熱して蒸発する方法を特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】内部を減圧状態にすることが可能な反応室と、前記反応室の外部に設けられ、前記反応室に接続された排気手段と、前記反応室の内部に設けられたゲッター手段とを有し、前記ゲッター手段は、Ti、Ta、Mo、Nb、Baから選ばれた一種または複数種の元素から成るフィラメントと、前記フィラメントの加熱手段と、を有することを特徴とする薄膜作製装置。

【請求項2】請求項1において、前記フィラメントを覆うシャッターを設置し、前記シャッターの開閉が可能であることを特徴とする薄膜作製装置。

【請求項3】請求項1または請求項2において、前記反応室がスパッタ成膜をする手段を備えている場合、前記フィラメントの蒸発に際し、前記フィラメントが、前記反応室内においてターゲット、もしくはホルダー、から防着板で遮蔽される位置に設けられることを特徴とする薄膜作製装置。

【請求項4】請求項1乃至請求項3のいずれか1において、前記反応室がCVD成膜をする手段を備えている場合、前記フィラメントが、その蒸発に際し、前記反応室内においてホルダー、もしくは電極板、から防着板で遮蔽される位置に設けられることを特徴とする薄膜作製装置。

【請求項5】請求項1乃至請求項4のいずれか1において、前記反応室が真空蒸着成膜をする手段を備えている場合、前記フィラメントが、その蒸発に際し、前記反応室内においてホルダー、もしくは蒸着源、もしくは膜厚モニタから防着板で遮蔽される位置に設けられることを特徴とする薄膜作製装置。

【請求項6】請求項1乃至請求項5のいずれか1のゲッター手段において、チャンパー内に、それぞれ異なる組成から成る、複数のフィラメントが設置されていることを特徴とする薄膜作製装置。

【請求項7】薄膜作製装置の反応室の排気手段として、前記反応室の外部に設けられ、前記反応室に接続された排気手段で真空引きを続けながら、前記反応室内に備えた、Ti、Ta、Mo、Nb、Baから選ばれた一種または複数種の元素から成るフィラメントを通电加熱し、蒸発を一度もしくは繰り返し行い、前記フィラメントを通电加熱した後の前記反応室内の真空度を、通电加熱をさせない場合より上回らせしめることを特徴とする薄膜作製装置の使用法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】真空チャンパーを有する薄膜作製装置に関する。特にチャンパーの真空度を改善する技術であり、スパッタ、CVD、蒸着成膜など、反応室すなわちチャンパー内雰囲気、膜質が左右される成膜技術に対して、寄与が大きいものである。また、時間短縮をはかる利用法は、量産性向上に寄与するものであ

る。

【0002】

【従来技術】プロセス技術が高度になるにつれ、半導体装置の薄膜中の不純物、例えば大気成分濃度に対し管理が厳しくなっている。成膜プロセス、例えばスパッタ成膜を行う場合、装置に対する要求の一つに、成膜チャンパー内を高い真空度に保持する必要性が挙げられる。

【0003】ところが量産に使用するスパッタ装置は、メンテナンスを必要とし、その際にチャンパー内は大気解放されることが多い。チャンパー内を大気解放した後は、再び真空に戻す必要がある。しかし、上記のように、成膜プロセスを開始する直前の真空度において高真空を要する場合もあるということから、この高真空まで復旧するための排気に時間を要する場合がある。

【0004】また、1つのチャンパーで、複数の種類の膜を成膜する場合がある。異なる種類の成膜に対し、異なるガスを流す場合があるが、連続して積層成膜する場合、前の成膜のために流したガスを、次の成膜のため排気しなければならない場合がある。

【0005】このとき、チャンパー内を必要な真空度まで排気するために要する時間の短縮は、タクトを短縮しスループットを上げるための課題といえる。

【0006】排気性能を高める手段の一つに、チャンパーにポートを設け、排気ポンプを接続することが考えられる。ところが、チャンパーのポートに接続した真空ポンプによる排気のみでは、排気速度が遅い場合がある。例えば広面積を成膜する大きいチャンパーや複雑な構成のチャンパーでは、内部において、残留気体は排気ポートに到達するのに時間がかかる。また、ポンプを増設する際に、装置の構成等の理由から、これを設置するスペースの確保が難しい場合がある。

【0007】真空ポンプで真空排気する技術の他に、ゲッター効果を利用して真空度を高める方法が知られている。

【0008】ゲッター効果とは、熱などで活性化された金属分子、例えばTi等が真空中の残留気体で大きな部分を占めるH₂O等をとりこみ、チャンパーの内壁などに固着することであり、例えば蒸発型ゲッター、バルクゲッターが知られている。

【0009】蒸発型ゲッターの場合について図1を用いて説明する。図1中、101は真空容器である。102は残留したH₂O分子であり、容器内は主にH₂O等により真空度が低いことを示している。

【0010】図1(B)の様に、蒸発源103であるTiを蒸発させると、蒸発したTi分子がH₂Oと化学結合する。化学結合したTiとH₂Oはそのまま容器の内壁に固着する。再び、容器の内壁から脱離しなければ、容器内の真空度は高いまま保持される。

【0011】バルクゲッターの場合について図2を用いて説明する。図2中、201は真空容器である。202

は H_2O 分子である。 H_2O 分子202は、ゲッター材203である $Zr-A1$ の表面に吸着し、内部に拡散する。再放出がなければ、真空度は高いまま保持される。なお、この $Zr-A1$ は非蒸発型として CO_2 を良く捕獲することが知られており例示した。

【0012】蒸発型ゲッターを応用したものがチタンサブプリメーションポンプである。チタンサブプリメーションポンプを図3に示す。これは排気したいチャンバーを接続して利用するものである。

【0013】チタンサブプリメーションポンプで真空引きする方法として以下に説明する。まずチタン源(ゲッター源)301を加熱して Ti を蒸発させる。蒸発した Ti は、真空度を下げているガス分子303とともにシュラウド302上に固着し、容器内の真空度は高くなり、接続されたチャンバーは排気される。ガス分子303が再びシュラウド302から脱離しないため、シュラウド302は中空とし、水や液体窒素で冷却する。304はバルブであり、305は粗引きポンプである。一般に、チタンサブプリメーションポンプにおけるゲッター材の蒸発手段として、通電による通電加熱方法が採用されている(図3(A))。図3中のチタン源(ゲッター源)は一般にフィラメントである。

【0014】スパッタ装置では、スパッタでターゲットから放出した Ti が残留気体を捕獲し、チャンバー内真空度を高めているが、これを多く繰り返すとターゲット消費量も大きくなる。

【0015】例えば、量産用として用いられているスパッタ装置において、3つのターゲットを装備した直径80cm、深さ40cm程度の1つのチャンバーを例にとると、チャンバー内真空度を 2×10^{-4} Paから 2×10^{-5} Paにするためには、2~3日かかる。ところが真空度の低い段階から Ti のスパッタを行うと約6時間で済み、大幅に時間を短縮することができる。但しこの Ti のスパッタの利用法は、 Ti のターゲットを消費し、その分基板に対して成膜できる分量が減ってしまうという欠点を有する。前述のスパッタ装置の例では、3つのターゲットのうち1つが Ti であり、他のターゲットの交換、あるいはメンテナンスによるチャンバーの大気解放後における真空引きのためにこのターゲットを利用している。

【0016】このとき、真空度を高めるために Ti のスパッタに要した前記ターゲット使用電力量は、前記ターゲット使用電力量全体の10%弱に達する。

【0017】また、上記例では Ti を挙げており、大気に対し有効であるが、例えばAl合金では効果が小さいことがわかっている。すなわち大気に対し有効なターゲットがついていないチャンバーでは、 Ti 等の成膜による目標の真空度までの到達時間の短縮を利用することができない。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】本願発明は、あらゆる成膜チャンバーにおいて、高真空度に到達するまでの時間を改善するとともに、到達真空度を向上させる。すなわち、前記チャンバーに新たな真空度を高める手段を追加する方法を提供し、装置のスループットを向上させることを課題とする。

【0019】

【課題を解決する手段】従来技術でゲッター効果について説明したが、スパッタ装置など真空成膜チャンバー内に、例えば Ti 製のフィラメントを設け、蒸発が出来る手段を備え、フィラメント材が蒸発後、真空成膜チャンバーの内壁などに固着する構造にすれば、チャンバー自体が真空度を高める機能をもつことになる。フィラメントの蒸発手段に関しては、本願発明ではその手段が簡便なことから、通電加熱して蒸発する方法を特徴とする。すなわち、真空成膜チャンバー内にフィラメントを設け、真空度を高めようとする際には、フィラメントを通電加熱してフィラメント材を蒸発することで、成すことができることを特徴とする。

【0020】フィラメントには前記では Ti を例にとったが、これは蒸発温度、応力の点より使いやすい材料である。ゲッター効果では捕獲、回収される速度は気体分子によって異なるが、 Ti の場合、初期吸着確率とよばれる吸着のしやすさを表す指数は ~ 0.8 (O_2)、 ~ 0.4 (CO_2 , CO)、 ~ 0.8 (H_2)であり、 N_2 以外の大気成分に対し有効である。但し、純 Ti フィラメントを用いると、溶断してしまい十分な蒸発を行えないことが考えられる。 Ti より融点の高い金属、例えば Mo を15%などとの合金が用いると扱いやすい。

【0021】また、排気したい気体によりフィラメント材を選ぶことが出来る。フィラメント材には、前記の Ti の他に Ta 、 Mo 、 Nb 、 Ba 等を用いることが出来る。それぞれの材料のゲッター効果については、以下に特徴付けられる。

【0022】 Ti は安価で効果が大きく、蒸発しやすいが、蒸着時に CH_4 、 H_2 を放出する。また、 Ti は300-600Kで H_2 をよく捕獲するが、それ以上の温度で H_2 を放出する。また、 Ta は良好なゲッター効果を示すが、蒸発温度が高い。また、 Mo のゲッター効果は Ti のゲッター効果と似ているが、 Mo は蒸発温度が高い。また、 Nb は77Kに冷却すれば、 Ti より遙かに H_2 を捕獲する。また、 Ba は O_2 に対してゲッター効果がある。

【0023】ゲッター効果は気体分子と金属原子の化学的結合に起因する。前述のように、残留気体を捕獲回収する速度は各種分子によって違うが、他にも気体分子の速度、吸着に対し活性な面の面積及びそこでの吸着確率に依存する。吸着される面積すなわち容器内壁が大きいほど良く残留気体を捕獲回収できることになるが、その分、内壁からのガス分子放出も大きくなるため、むしろ金属原子の蒸発量との釣り合いで残留気体を捕獲回収で

きる速度が決まると言える。

【0024】すなわち、フィラメントを加熱蒸発する電流電圧に関しては、チャンバーの形状、フィラメント材に依存するため、最適な条件を選ぶべきである。

【0025】また、従来技術に記したように、広面積を成膜する大きいチャンバーや複雑な構成のチャンバーでは、内部において、残留気体は排気ポートに到達するのに時間がかかるため、チャンバー内で残留気体を捕獲回収できる利点は大きい。さらに大きなチャンバーでは設置する場所を確保し易いため、複数のフィラメントを設ける使用方法が効果的である。

【0026】また、使用方法については、真空チャンバー内に上記金属の蒸発源すなわちフィラメントを設け、チャンバー真空引きの際には、他接続の真空ポンプによる排気で真空度がある程度高まった段階で、さらに高めようとする際に、フィラメントを蒸発させる。なぜなら、真空度の低い段階でTiを蒸発させた場合、チャンバーの内壁からのガス分子の脱離がすぐに起こり、真空度は回復しにくいからである。また、フィラメントが酸化されるのを防ぐためでもある。

【0027】また、装置への適用はスパッタ装置以外にも、CVD装置の応用が可能である。CVDチャンバーにはスパッタに比べ高い真空度を必要としないことが多い。しかし、プラズマCVD装置には、パーティクルの発生等の理由でメンテナンスが頻繁になるものがある。チャンバーが大型化し、あるいは真空度の高い成膜が要求される場合、目的の高真空まで達する時間を短縮させることはスループットの向上につながる。また、一つのチャンバーで、成膜時に流すガス種が異なる膜を成膜する必要があるとき、残留ガスを捕獲回収する場合に有効である。

【0028】あるいは、蒸着装置への適用が可能である。蒸着装置では例えば薄膜トランジスタ行程では、配線としての金属成膜や、ガリウム砒素成膜などに用いられている。しかし、大面積対応性、ステップカバレージ特性に劣るなどの理由から、スパッタ成膜あるいはCVD成膜に比べ量産に適しない。研究、試験目的で利用されることが多い。

【0029】蒸着成膜の利点として、膜の純度がスパッタ成膜、CVD成膜に比べて高いことが挙げられる。これは成膜が高真空雰囲気で行われるからである。すなわち、チャンバーを高真空に保つことが蒸着装置の特性を生かすことになる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下に示す実施例で本発明の実施の形態を説明する。

【0031】

【実施例】【実施例1】本願発明をスパッタチャンバーに用いる例を、図4、図5及び図6を用いて説明する。図4は、3つのターゲットを装備したスパッタチャンバ

ーを上から見た図である。

【0032】401はチャンバーの内壁すなわち防着板である。402はターゲットシャッターであり、図4では、ターゲットが3カ所に設置されている。403はシャッターが動く範囲を示している。お互いのターゲット間には空間があり、通電加熱できるフィラメントは、403のように、シャッターなど可動機構に干渉しない位置に配置する。

【0033】ただし、成膜に対し、機能を損なわないためには、設置位置に工夫が必要である。図5はスパッタチャンバーの断面図である。すなわち、フィラメントを設ける場所としては、フィラメントが蒸発した際に、これがターゲットシャッターを回り込んでターゲット上につかない場所、例えば511の場所が望ましい。

【0034】ターゲットにフィラメントから飛散したTiが付着しなければ、このTiは再度スパッタされ基板に付着することは殆どない。なぜなら、通常のスパッタでは、ターゲットに対しスパッタされるような電位がかかるからである。

【0035】上記とは逆に、スパッタ成膜時に、このフィラメントにターゲット材が付着すれば、フィラメント材が覆われて蒸発されない場合がある。この付着したターゲット材の薄く付着し、なおかつ融点が高い場合には、フィラメント加熱の初期で蒸発できるが、厚く付着する、もしくは融点が高いターゲット材であれば、十分にフィラメントが蒸発しないことが予想される。この場合には、図6の様なフィラメントのシャッターを設置することが有効である。

【0036】図6(A)の601はシャッターであり、602はフィラメントである。シャッター601は、603を支点として回転する。図6(B)はフィラメントを加熱する時のシャッターの状態であり、(C)はチャンバー内でスパッタをしているときのシャッターの状態である。

【0037】このフィラメントを蒸発させ、真空度を高める方法を以下の通り示す。

【0038】チャンバーをメンテナンスなどの必要から大気解放した後、装置に付属のポンプ（ロータリーポンプ、クライオポンプなど）で、 4×10^{-4} Pa程度まで真空中に排気する。これ以上の圧力でTiを蒸発させた場合、チャンバーの内壁からのガス脱離がすぐに起こり、真空度の回復はしにくいからである。 4×10^{-4} Pa程度に達した段階で通電によりフィラメントを蒸発させる。これを適当な時間行くと、真空の回復が早まる。

【0039】上記の適当な時間については、本願発明を適用するチャンバーに最適な条件で行うことが望ましい。例えばフィラメントの通電加熱と、加熱を止める操作を1分ごとに繰り返す等である。加熱を止める理由は、その蒸発源付近のみ上記効果によって分子が捕獲されるため、加熱を止めてチャンバー内の残留気体分子が

拡散により均一になるのを待って再開するほうが、フィラメント消費に對し効果的だからである。チタンサブレーションポンプもこのような使い方をしているものがある。なお、フィラメントを加熱している間、チャンパーに接続してある他の手段の真空ポンプは止める必要がない。

【0040】また、1つのチャンパーで、複数の種類の膜を成膜する場合、次のプロセスのために流したガスをすばやく除去したい場合がある。例えば成膜時 H_2O を流す成膜と、 H_2O を流さない成膜を交互に行う場合である。 H_2O を流すと結晶化を阻害し、エッチング性が向上するなどの理由で、流す成膜が実施されている。ところが、 H_2O はターボ分子ポンプを使用して引く場合、真空度の回復に時間がかかる。

【0041】このときも上記同様フィラメントの蒸発を利用すれば、タクトの短縮に寄与する。また、その際一つの種類の材料のみでは捕獲回収できない、あるいは異なるガスを捕獲回収したい場合は、異なるフィラメント材をチャンパー内に設置し、同時あるいは選択して蒸発する利用法が望ましい。

【0042】上記のフィラメントの蒸発を長期間使用した場合には、チャンパーの内壁に膜が厚く付着し、この膜から O_2 などの気体が再びチャンパー内に出てくる。そのため、チャンパー内の真空度が低くなる。しかし、通常、スパッタチャンパーの内壁は、膜付きを防ぐための防着板がついており、パーティクルが増えるなどメンテナンスが必要な場合、防着板の交換を行うため、成膜の機能を損なうことはない。

【0043】またTi以外にも使用ガス及びチャンパー内に残ると予想されるガスに応じた、前項で記述した適当な材料をフィラメントとして使用することが望ましい。

【0044】〔実施例2〕本実施例では、本願発明をプラズマCVD装置へ応用する例を以下に示す。

【0045】図7はプラズマCVDチャンパーの模式図である。スパッタチャンパーと比較したとき、基板トレイや電極はむき出しになっている。膜付きによるパーティクル発生等で成膜性能を損なわないためには、フィラメントを設置する場所を、前記基板トレイや電極より離れた位置にする。例えば、図7の斜線部のように、電極から離れなおかつ内壁に近い位置に設置することが望ましい。

【0046】このフィラメントを蒸発させ、真空度を回復する方法としては、実施例1同様、2つ考えられる。

【0047】まず一つにチャンパーのメンテナンス等の機会、大気解放をした場合、装置に付属のポンプ（ロータリーポンプ、クライオポンプなど）で、 4×10^{-4} Pa程度まで真空に引き、通電によりフィラメントを蒸発させる。

【0048】もう一つは、一つのチャンパーで、成膜時

に流すガス種が異なる膜を成膜する必要があるとき、残留ガスを捕獲回収する場合である。つまりCVD装置で基板を成膜、捕獲回収したのち上記のフィラメントを通電加熱等で蒸発させ、チャンパー内の残留ガスを捕獲回収し真空度を回復する利用法である。

【0049】この場合も、フィラメント材としてはTiに限らず、頻繁に使用するガスに対して有効な材料を利用する。

【0050】〔実施例3〕本実施例では、本願発明を蒸着装置へ応用する例を以下に示す。

【0051】蒸着成膜の利点、膜質の純度がスパッタ成膜、CVD成膜に比べて高いことがあげられる。これは成膜が高真空雰囲気で行われるからである。すなわちチャンパーを高真空に保つことこそ、蒸着装置の成膜長所を生かすことにつながる。

【0052】蒸着装置の構造の概略を図8に示す。装置はチャンパー801と、その内部に配置された蒸発源802、膜厚モニタ803、成膜する基板がセットされたホルダー804からなる。

【0053】チャンパー内の底部805に図6のような一式を設置することで、実施例1あるいは実施例2同様、目的の真空度に到達する時間を短縮することができる。

【0054】蒸着は、薄膜でも非常に薄いもの、あるいは膜質の純度の高いものを成膜する事が多く、成膜する基板や蒸発源に對し、より高度な表面清浄が求められる。特にこのような用途の蒸着装置は、基板や蒸発源を真空引きの際にシャッターなどで覆うことができ、これらにフィラメントのからの蒸発物が付着することを防げるものに応用することが望ましい。

【0055】このフィラメントを蒸発させ、真空度を高める方法としては、実施例1同様であるが、ガスを利用しない特徴がある。すなわちメンテナンス等でチャンパーを大気解放した後に、チャンパーに接続した真空ポンプで、 4×10^{-4} Pa程度まで真空に引き、通電によりフィラメントを蒸発させることである。

【0056】

【発明の効果】本願発明をスパッタ成膜装置に適用すれば、Tiターゲットを消費することなく、目的の真空度より低い真空度から、目的の真空度まで到達する時間が短縮される。また、到達真空度を向上させることができる。

【0057】また、Tiを成膜しないチャンパーについても本願発明を用いることによって真空度を短時間で高められる。

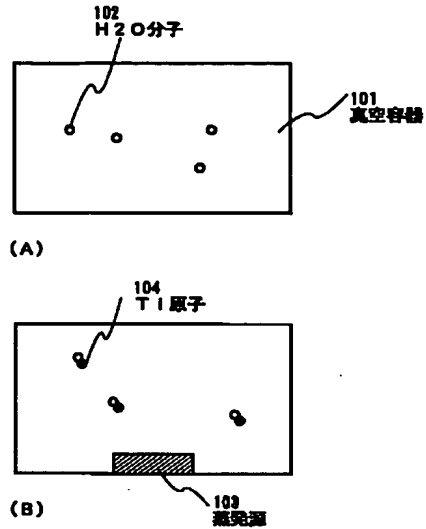
【0058】本願発明において最も単純な構成の場合、チャンパー内にフィラメントを引き渡し、電源に接続することで実施できる。新たにチャンパーポートからポンプを増設し、従来あるポンプを接続することで、本願発明と同様の到達真空度を得ることに比べ、安価である。

【図面の簡単な説明】

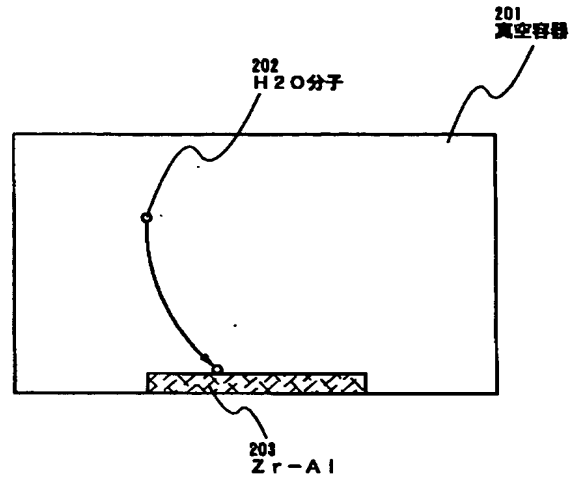
- 【図 1】 蒸発型ゲッターの仕組みを示す図。
 【図 2】 バルク型ゲッターの仕組みを示す図。
 【図 3】 チタンサブリーメーションポンプの断面図。
 【図 4】 スパッタチャンバーを上から見た図。

- 【図 5】 スパッタチャンバーの断面図。
 【図 6】 フィラメントのシャッターの図。
 【図 7】 プラズマ CVD の図。
 【図 8】 蒸着装置の図。

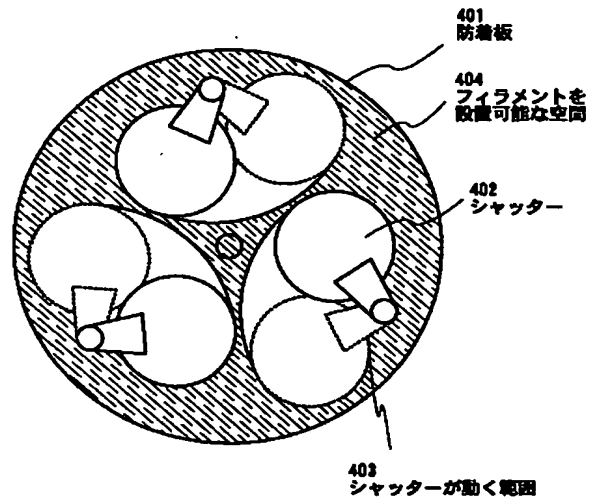
【図 1】



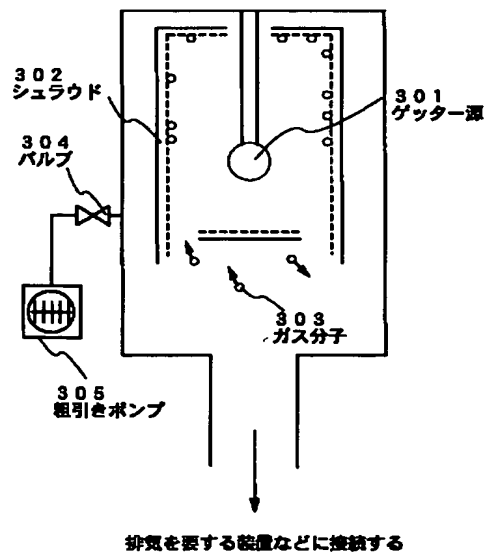
【図 2】



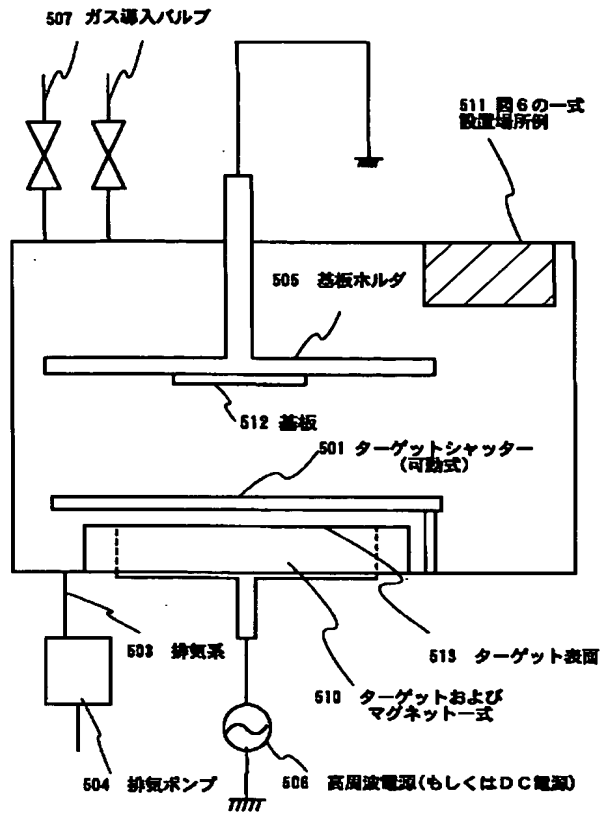
【図 4】



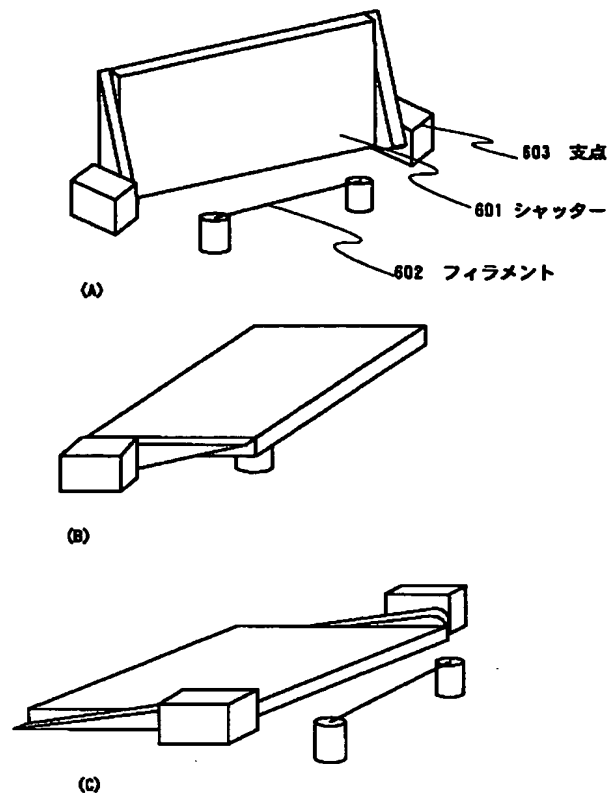
【図 3】



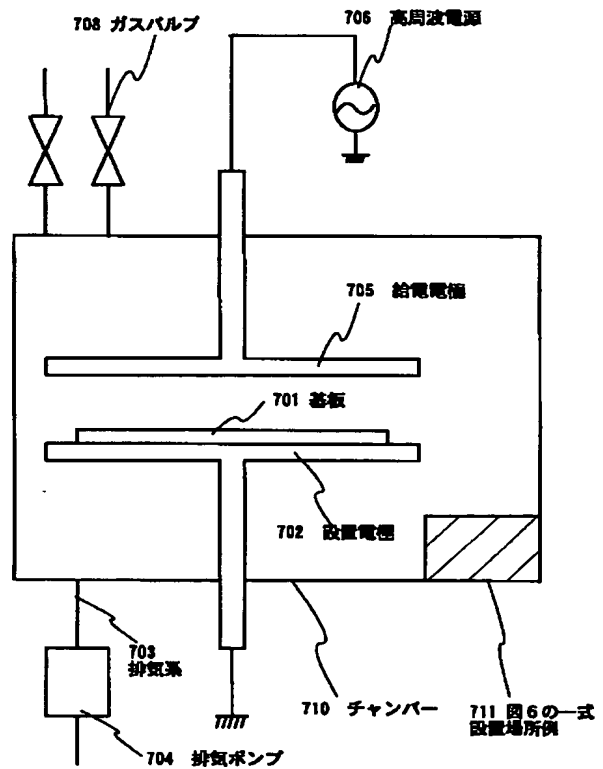
【図5】



【図6】



【図7】



【図 8】

